

Opinnäytetyö AMK

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotekehitystekniikka

2013

Antti Valtamo

# NOPEAKULKUISEN ALUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄN INTEGROINTI ISTUIMEN KÄSINOJAAN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | Tuotekehitystekniikka

Opinnäytetyön valmistumisajankohta | sivumäärä: 51

Ohjaaja: Veikko Välimaa

Antti Valtamo

# NOPEAKULKUISEN ALUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄN INTEGROINTI ISTUIMEN KÄSINOJAAN

Tämä opinnäytetyö käsittelee tuotekehitysprojektia, jossa luotiin modulaarinen käsinojaratkaisu nopeakulkuisen aluksen ohjaamoergonomian, käytettävyyden ja valmistettavuuden parantamiseksi. Työssä perehdyttiin nopeakulkuihin aluksiin työympäristönä, niiden miehistöjen havaintoihin alustensa käytöstä sekä laitteisiin, joilla tällaisia aluksia hallitaan.

Hankittujen tietojen perusteella tehtiin tuotteen määrittely, johon kirjattiin keskeiset tuotteen toimintaan, käytettävyyteen ja valmistettavuuteen liittyvät seikat. Määrittelyä hyödyntäen luotiin tuotekonsepteja, joista paras suunniteltiin valmistettavaksi tuotteeksi.

Työn tuloksena syntyi tuote, jonka moduuleja varioimalla pystytään helposti luomaan räätälöity ratkaisu jokaisen asiakkaan yksilöllisiin tarpeisiin sekä tuotteen valmistukseen tarvittavat piirustukset ja 3D-mallit

ASIASANAT:

Tuotekehitys, Ergonomia, Hallintalaite

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering | Product Development

2013 | Total number of pages: 51

Instructor: Veikko Välimaa

Antti Valtamo

# INTEGRATION OF USER INTERFACE TO HIGH SPEED CRAFT SEAT ARMRESTS

This thesis deals with a product development project of a modular armrest solution for high speed crafts. The main purpose was to improve wheelhouse ergonomics and usability but also enhance manufacturability. This study examined high speed crafts as a working environment, equipment which are used to control these vessels and crew observations about their working environment.

The acquired data was applied to create functional parameters for the product development. This included defining issues of functionality, usability, and manufacturability. These parameters facilitated the definition of the product concepts, which were then evaluated and the best one was developed manufacturing ready.

The final result was a product that can easily be customized for each client's individual needs by varying the modules, as well as drawings and 3D models for the manufacturing of the product.

## KEYWORDS:

Product development, Ergonomics, Control

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 KIRJALLISUUSTUTKIMUS</b>	<b>8</b>
2.1 HSC HF-tutkimus	9
2.1.1 Samankaltaisuudet lentokoneiden ja maakulkuneuvojen HF-suunnitteluun	10
2.1.2 Miksi HF-suunnitteluprosessia tarvitaan	12
2.2 HSC-Työpistesuunnittelun taustatiedot	12
2.3 Näkyvyys	14
2.4 Näkökenttä	15
2.5 Terveys ja turvallisuus	16
2.6 Ohjaamon layout-yksityiskohdat	17
<b>3 ALUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄ</b>	<b>19</b>
3.1 Laitteistojen sijoittelu	19
3.2 Liikkumatila	21
3.3 Ohjauskonsolit	21
3.4 Instrumentointi	22
3.5 Ohjainlaitteet	23
3.6 Ohjainlaitehierarkia	23
3.7 Ohjailijan hallintalaitteet	24
3.8 COTS-rajoitteet	25
<b>4 KYSELYTUTKIMUS</b>	<b>27</b>
4.1 Kyselytutkimuksen kuvaus	27
4.2 Kyselyssä kysytyt kysymykset	28
4.3 Vastausten analysointi	28
4.3.1 Kyselyssä esiin nousseita ongelmakohtia veneessä.	29
4.3.2 Mitä ohjaustoimintoja olisi hyödyllistä integroida käsinojaan?	29
4.4 Johtopäätökset	30
<b>5 KATKAISIJA- JA UI-SELVITYS</b>	<b>32</b>
5.1 Merkinnät	33
5.2 Ohjainlaitematriisi	34

<b>6 TUOTTEEN MÄÄRITTELY</b>	<b>35</b>
<b>7 SUUNNITTELUPROSESSIN KUVAUS</b>	<b>36</b>
7.1 Istuin	36
7.2 Luonnostelu	37
7.3 Hahmomallit	38
7.4 3D suunnittelu	39
7.5 Prototyypin valmistus	40
<b>8 PERUSTELUT JA KUVAUKSET KÄSINOJAN OSISTA</b>	<b>41</b>
8.1 Runko	41
8.2 Pehmeuste	42
8.3 Asennuslevyt	43
8.4 Alapuoliset suojakotelot	43
<b>9 VALMIS KONSEPTI</b>	<b>46</b>
<b>10 TUOTERAKENTEEN HUOMIOIMINEN</b>	<b>47</b>
<b>11 ARVIOINTI JA POHDINTA</b>	<b>49</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>50</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. Valmistuspiirustukset

## KÄYTETYT LYHENTEET

HSC	High Speed Craft, Nopeakulkuinen alus
HF	Human Factor, Inhimillinen tekijä
SA	Situation Awareness, Tilannetietoisuus
C2	Command and Control, komento ja ohjaus
WBV	Whole Body Vibration, koko kehon värähtely
MIF	Motion Induced Fatigue, Liikkeen aiheuttama väsymys
MMI	Man Machine Interface, Koneen käyttöliittymä
Tiller	Peräsimen ohjainlaite
Lever	Kaukohallintalaite
COTS	Commercial Off The Shelf, Ostettava laite
UI	User Interface, Käyttöliittymä
IAS	Integrated Automation System, integroitu automaatiojärjestelmä

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin veneitä pääasiassa viranomaiskäyttöön valmistavalle Marine Alutech Oy:lle. Yrityksellä oli halu kehittää tulevien alustensa miehistön ohjaamoergonomiaa sekä kehittää ratkaisuja, jotka nopeuttavat ja helpottavat alusten varustelua. Yhtenä osaratkaisuna tähän nähtiin modulaarinen käsinojaratkaisu, johon kyetään integroimaan eri työpisteiden vaatimia ohjainlaitteita. Käsinojan suunnittelussa haluttiin luoda ratkaisu, joka on sovellettavissa aluksen ohjaajan, navigaattorin, päällikön ja tapauskohtaisesti erikseen määriteltävän toimipisteen istuimiin. Suunnittelussa oli erityisesti otettava huomioon ergonomia sekä ohjainten/käyttölaitteiden käytettävyys haastavissakin olosuhteissa, joissa käytännössä jokainen Marine Alutech Oy:n valmistamista aluksista operoi.

Valtaosa Marine Alutech Oy:n valmistamista veneistä on nopeakulkuisia, eli ne kulkevat yli 25 solmun nopeutta. Etenkin sotateollisuus on tutkinut nopeakulkuisten alusten miehistön haastavaa työskentely-ympäristöä ja julkaissut aineistoa alusten suunnittelijoille.

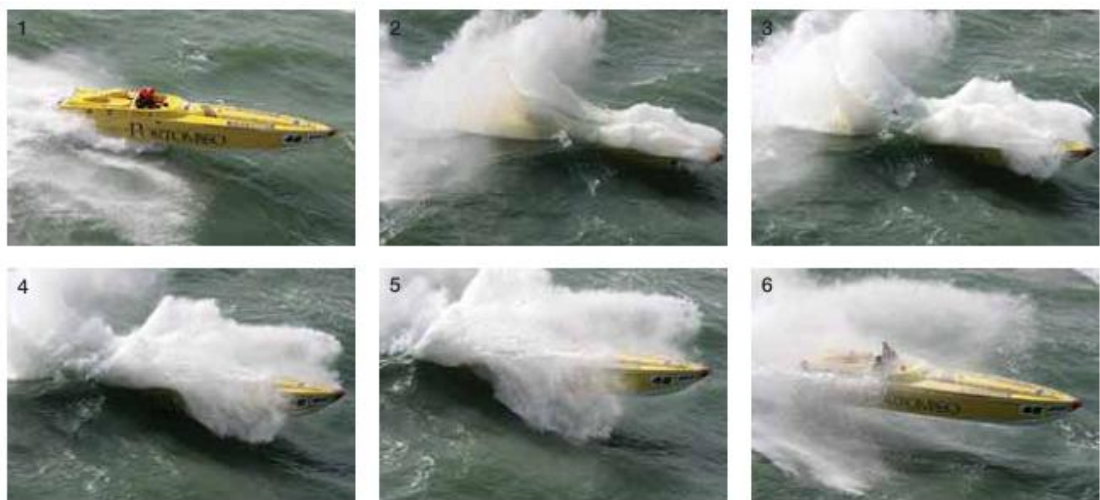
Tärkeimpänä kirjallisena lähteenä käytetään High speed craft human factors engineering design guidea, jonka lisäksi hyödynnetään työssä luotua kyselytutkimusta nopeiden alusten ammattikäyttäjille. Marine Alutech Oy on valmistanut veneitä 1990-luvun alusta, joten myös yrityksen sisäistä kokemuseräistä tietoa hyödynnetään tässä työssä.

## 2 KIRJALLISUUSTUTKIMUS

Pääasiallisena kirjallisena aineistona työssä käytettiin High speed craft human factors engineering design guidea, jonka taustalla on UK MOD Defence Equipment & Support Agency. High Speed Craft Human Factors Engineering Design Guide on laivasuunnittelijoille, alan oppilaitoksille ja ohjaaville ja valvoville viranomaisille suunnattu tutkimusraportti, jossa käsitellään nopeakulkuisten alusten miehistön työskentelyergonomiaa ja käytettävyyteen liittyviä seikkoja. High Speed Craft Human Factors Engineering Design Guide on laadittu tarjoamaan apua HSC-alusten toimintaan ja suunnitteluun liittyviin HF-kysymyksiin. Oppaan tarkoituksena on

- parantaa HSC alusten suorituskykyä ja turvallisuutta
- parantaa toimintakykyä ja valmiutta
- vähentää miehistön loukkaantumisriskiä ja sen myötä kustannuksia. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 8.)

HSC voi olla yksi ankarimmista toimintaympäristöistä mihin tahansa liikkumismuotoon verrattuna. Iskut (Kuva 1) ja tärinä voivat saavuttaa suurempia arvoja kuin mitkä kohdistuvat hävittäjälentäjään tämän käyttäessä heittoistuinta. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 8.)



Kuva 1. HSC iskeytyy aaltoon (HSC HFE Design Guide, 8).



Moottorit ja propulsiojärjestelmät ovat kehittyneet niin pitkälle, että tilannetietoisuus (SA) ja komento ja ohjaus (C2) ovat tulleet yhä tärkeämmiksi rannikkoympäristössä. Häiriöt SA:ssa ja C2:ssa voivat aiheuttaa vaurioita alukseen ja johtaa miehistön vammautumiseen tai jopa kuolemaan. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 8.)

Hallintalaitteiden järjestelyssä ja suunnittelussa on siis tärkeää tiedostaa loppu-tuotteen aika-ajoin haastava ja jopa vaarallinen käyttöympäristö. Veneen hallinta on kyettävä saamaan mahdollisimman helpoksi ja häiriöttömäksi, jotta käyttäjän ei tarvitse keskittyä hallintalaitteisiin, vaan itse hallintaan.

Pienten HSC-veneiden nopeuden kasvu on kasvattanut miehistön kokemien toistuvien iskujen (RS) ja koko kehon värähtelyn (WBV) voimakkuuksia. Nämä aiheuttavat miehistössä

- liikkeen aiheuttamaa väsymystä (MIF), joka vähentää miehistön suorituskykyä ja toiminnan tehokkuutta
- akuutteja (esim. selkärangan vammat) ja kroonisia vammoja
- vähentynyttä tilannetietoisuutta. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 8.)

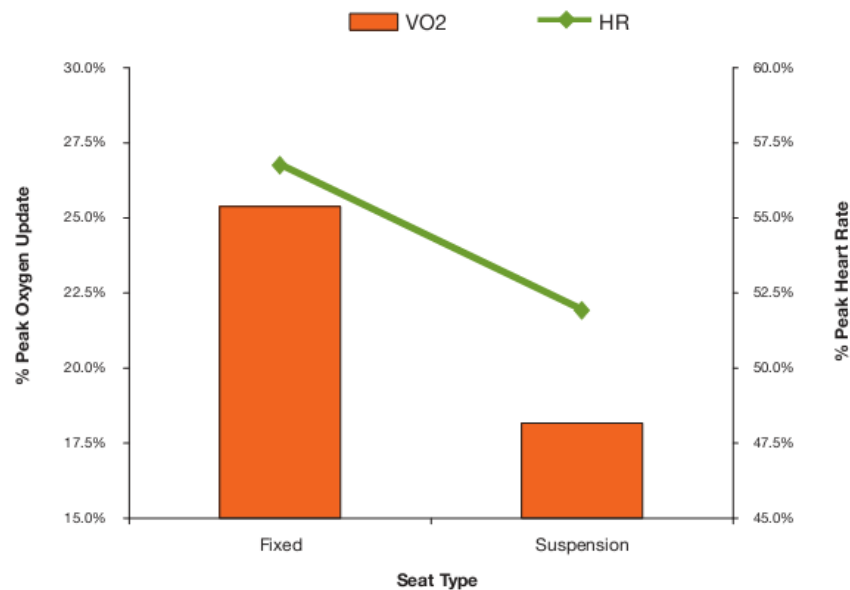
Valitettavasti miehistön fyysinen kestävyys ei ole kehittynyt HSC:ien kehityksen rinnalla, joten suunnittelussa on otettava entistä enemmän huomioon miehistön suojaaminen ja työskentely-ympäristön miellyttävyys mahdollisimman suuren tilannetietoisuuden mahdollistamiseksi. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 9.)

EU on asettanut WBV-direktiivin, joka asettaa päivittäisen maksimimäärän kehon värähtelylle. Tällä direktiivillä on kasvava vaikutus HSC-suunnitteluun ja käyttöön. On käynyt ilmi, että maksimimäärä saavutetaan minuuteissa veneillessä huonoissa meriolosuhteissa. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 10.)

## 2.1 HSC HF-tutkimus

HSC:ssa käytetään jousitettuja istuimia parantamaan miehistön suorituskykyä ja mahdollistamaan toiminta vaativissa olosuhteissa. Jos aluksen käyttöliittymät ovat kiinteästi ohjauspulpetissa, aiheutuu liikkuvan istuimen myötä ongelmia

hallita alusta. Parempi vaihtoehto on integroida hallintalaitteet istuimen käsinojiin, jolloin istuin, miehistön jäsen ja hallintalaitteet pysyvät keskenään samassa asemassa. Marine Alutech Oy:n veneisiin asennettavien istuimien jousituksen liike on istuinvalmistajasta riippuen 100-250mm. Mahdollisesti käytettäviä istuimia ovat: Grammer, Ullman Seats ja Shoxs.



Kuvio 1. Jousitetun istuimen vaikutus miehistön kuormitukseen RIB aluksella 25 solmun nopeudessa (HSC HFE Design Guide, 13).

HF:n huomioiminen suunnitteluprosessissa HSC HFE Design Guiden mukaan johtaa

- parantuneeseen miehistön suorituskykyyn
- pienentää osaamisen tarvetta, vaatimuksia miehistölle ja vähentää koulutukseen tarvittavaa aikaa
- virhetoimintojen vähentymiseen
- parantuneisiin suunnittelustandardeihin laitejärjestelmissä.

### 2.1.1 Samankaltaisuudet lentokoneiden ja maakulkuneuvojen HF-suunnitteluun

Toimintaympäristön ja mahdollisuuksien ymmärtämiseksi on tutustuttava jo tehtyihin ratkaisuihin. Veneiden ohella perehdyin myös autojen, lentokoneiden ja

maansiirtokoneiden hallintalaitesijoittelussa tehtyihin ratkaisuihin. Kaikissa edellä mainituissa on selkeästi havaittavissa hierarkkinen laiteasettelutapa. Keskeisimmät hallintalaitteet on poikkeuksetta sijoitettu ergonomisimpaan mahdolliseen paikkaan. Ohjainlaitteen käyttöprioriteetin laskiessa myös sen sijainti muuttuu heikommaksi. Ongelmana sijoittelussa on kuitenkin eri ohjainlaitteiden tärkeyden määrittäminen jo suunnitteluvaiheessa. Käytännössä lopullisen laitesijoittelun saa luotua vasta kun tuotteen nollasarja on asennettuna kulkuneuvoon ja sen toiminta päästään testaamaan oikeassa käyttöympäristössä. Laitesijoittelua pääsee kuitenkin kokeilemaan jo suunnittelun varhaisessa vaiheessa hahmomalleilla (Kuva 2).

Lentokone- ja autoteollisuus ovat jo vuosia hyödyntäneet HF-standardeja suori-tuskyvyn ja turvallisuuden parantamiseksi kulkuneuvoissaan. Koska HSC:ssa työasemakonsepti on melko samanlainen, voidaan joitain valmiita ratkaisuja siirtää veneen ohjaamoon näiltä toimialoilta. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 17.)



Kuva 2. Lentokoneen ohjaamon hahmomalli ergonomiatestauksessa (HSC HFE Design Guide, 18).

### 2.1.2 Miksi HF-suunnitteluprosessia tarvitaan

Yksi haastava ja iso HSC:n biodynaaminen ongelma on toistuvat iskut ja lihasvammat, jotka aiheutuvat aluksen iskeytyessä veteen kovassa vauhdissa. Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että HSC -miehistöillä on kohtuuttoman paljon lihasvammoja ja kumuloituvia selkärangan vammoja. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 39.)

Tästä johtuen mm. istuinjärjestelyjä on syytä pyrkiä kehittämään. Väsymistä pystyy ehkäisemään tuomalla keskeiset hallintalaitteet ulottuville siten, ettei niihin tarvitse kurottautua. Kun miehistön jäsen pystyy suorittamaan tehtävänsä stabiilissa, istuimen tukemassa asennossa, tarvitsee hän vähemmän lihasvoimaa, kuin kurotellessaan kauas veneen liikkeitä myötäillen. Tasapainon säilyttämisen mahdollistamiseksi veneeseen on saatava riittävä määrä tartuntapisteitä.

### 2.2 HSC-Työpistesuunnittelun taustatiedot

Ohjaamolayoutia suunnitellessa on tiedettävä miehistön jäsenten tehtävät aluksessa. Tehtävänannossa määriteltiin istuimet, joihin haluttiin saada integroidut käyttöliittymät. Istuimet olivat: Ohjailija, navigaattori, aluksen päällikkö ja tapauskohtaisesti erikseen määriteltävä työpiste.

Taulukko 1. Miehistön tehtävät aluksessa.

Ohjailija	Navigaattori
Tarkkailee sääilmiöitä instrumenteilla ja seuraa tiedotteita Veneen käsittely sisältäen: - rantautuminen - ohjailu matalassa vedessä - HSC:n hallinta kovassa kelissä - vedessä olevien ihmisten ja esineiden pelastus - Henkilöstön siirto alusten välillä Aluksen vakauden ja turvallisuuden säilyttäminen Tulipalojen esto ja palonhallinta Häätätilanteen hallinta Ensiavun antaminen Viestintälaitteiden käyttö	Tekee reittisuunnitelman ja navigoi kaikissa säätiloissa Määrittelee sijainnin Hoitaa karttatyöskentelyn - Lukee karttaa - Mittaa etäisyydet ja asemat - Laskee reitin - Seuraa merenkulkutiedotteita - Mittaa aikaa, vedenpinnankorkeutta ja virtauksia Tutkan käyttö Viestintälaitteiden käyttö
Konepäällikkö	
Hoitaa määräaikaiset huoltotoimenpiteet Suorittaa konevalvonnan Tekee vikadiagnoosit Tekee hätäkorjaukset Käyttää operaatio ja ylläpitöoppaita Tekee tarkastukset vahinkojen jälkeen (mm. pohjakosketukset, törmäykset, tulipalot)	

Suunnittelun on otettava huomioon seuraavat asiat - tiedostaen, että HSC liike usein johtaa epäluotettavuuteen ja häiriöihin säädettävissä laitteissa:

– Kriittiset mitoitukset miehistön istuinjärjestelyissä sisältävät:

- Oikean katselukorkeuden näyttöihin ja muihin katsetta vaativiin kohteisiin
- Istuimen korkeuden ja pituussuunnan säädön, selkänojan kallistuksen säädön, jotta istuin tukee oikeaa asentoa
- Tilaa raajoille, joka mahdollistaa myös asettautumisen ja poistumisen.
- Ulottumisen hallintalaitteisiin käsillä ja/tai jaloilla.
- Tavanomainen katselukorkeus erikokoisille miehistön jäsenille, joka saavutetaan istuimen korkeussäädöllä.

– Tuet ja turvavyöt. Seuraavat asiat tulisi ottaa huomioon:

- Useimmat iskua vaimentavat istuimet ovat optimoitu toimimaan siten, että käyttäjä ja istuin ovat yhtenäinen yksikkö. Lantiovyö pitää käyttäjän kiinni istuinpohjassa mahdollistaen suurimman hyödyn iskunvaimentimesta ja samalla vähentää sekundaarisista iskuista (esim. takapuolen iskeytyminen istuimeen tai käyttäjän iskeytyminen pulpettiin tai viereiseen istuimeen) johtuvia vammoja.
- Vaikka lannevöiden käyttö on laajasti hyväksytty HSC -yhteisössä, ei olkapäävöiden käyttö ole niin suosittua. Tämä johtuu siitä, että jos ylävartalo on sidottu paikoilleen, sivuttaisvoimien vaikutukset kumuloituvat kaularankaan, jonka seurauksena on huomattavasti vakavampi vamma.
- Kaikkien turvavöiden on oltava täysin säädettävissä ja kiinnitettävissä johonkin silloin kun ne eivät ole käytössä.
- Turvavöiden on oltava nopeasti avattavissa ja niitä on pystyttävä käyttämään ja säätämään hansikkaat kädessä.
- Mekanismin on oltava merikäyttöön soveltuvia, sillä maakäyttöön suunnitellut mekanismit saattavat jumiutua korroosion takia.

(HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 53-55.)

## 2.3 Näkyvyys

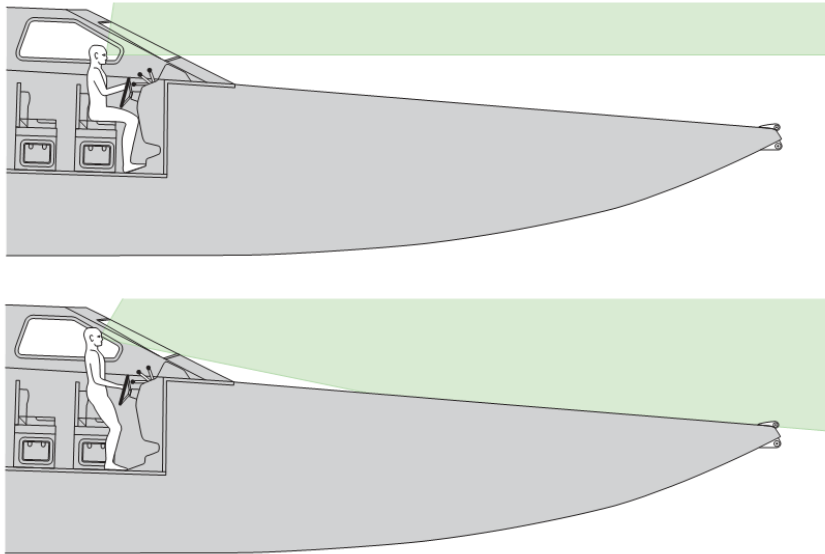
Suunnittelijan on suunniteltavaan tiedettävä, mihin miehistön jäsenen on nähtävä suorittaessaan tehtävänsä. Onko näkymän edessä joitain esteitä, jotka pitäisi ottaa huomioon ja tarvitseeko miehistön jäsenen nähdä usealle alueelle? Esimerkiksi ohjailija tarvitsee hyvän näkymän veneen ympärille ja mittaritau-luun. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 53.)

Arvioidessaan miehistön jäsenen näkökenttää on suunnittelijan tiedettävä, missä miehistön jäsen istuu tai seisoo, sekä vaihtelut katselukorkeuksissa eri miehistön jäsenten välillä (Kuva 3). (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 54.)

Aluksessa tarvitaan sisävalaistusta helpottamaan työskentelyä ja parantamaan työskentelyturvallisuutta. Valaistus ei kuitenkaan saa häiritä hämäränäkölaitteiston käyttöä. Suunnittelijan on myös otettava huomioon ulkoapäin tuleva valo ja

heijastukset, jotka eivät saa häiritä aluksen käsittelyä. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 55.)

Jos käsinojiin integroitavissa käyttökytkimissä/ohjaimissa on valoja, on ne kyettävä säätämään siten, etteivät ne häiritse pimeänäkölaitteiden toimintaa.



Kuva 3. Asennon vaikutus näkyvyyteen ulos veneestä (HSC HFE Design Guide, 54).

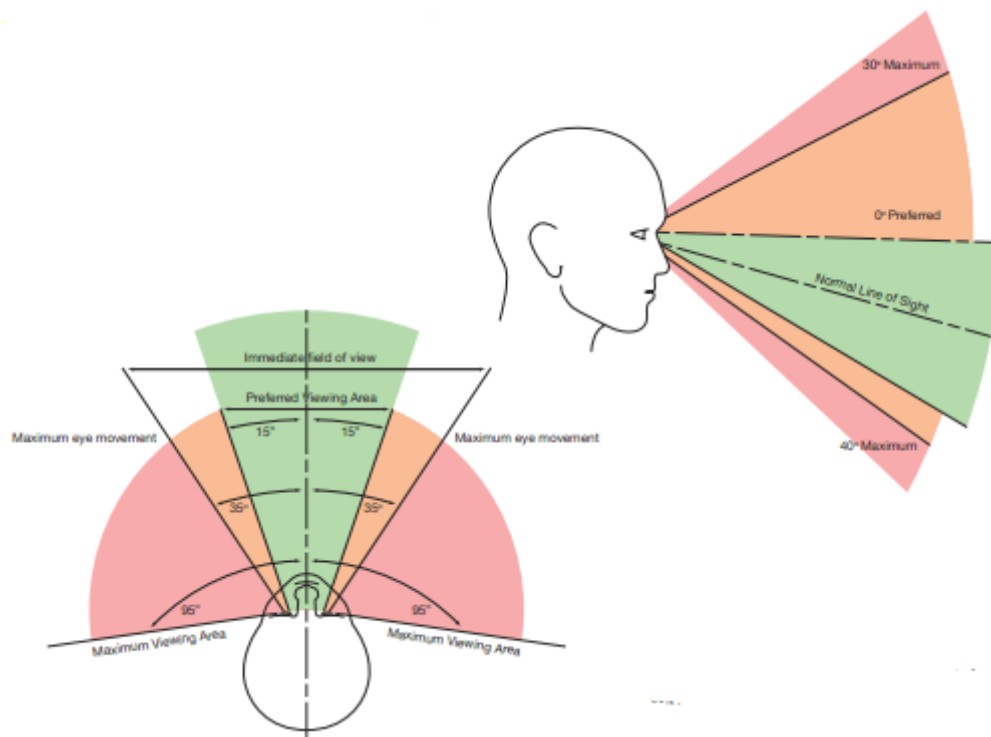
## 2.4 Näkökenttä

Yleisesti tärkeimmät toiminnot ja informaatiolähteet tulisi sijoittaa keskelle käyttäjän näkökenttään, 30° sektorille vaakatasossa ja 30° sektorille vaakatasosta alaspäin (Kuva 4). Matalamman tärkeystason informaationlähteet tulisi sijoittaa 60-70° vaakasektorille ja 30-40° pystysektorille silmän korkeudesta. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 54.)

Ohjailija tulisi sijoittaa alukseen siten, että hänellä on näkyvyys kaikkialle ympärille horisonttiin ja ohjaimiin. Katvealueita eteenpäin saa olla 22,5° ja molemmilla sivuilla 20°. Yksittäinen katvealue ei saa ylittää viittä astetta. Näkymä kahden katvealueen välillä tulee olla vähintään 10°. Lisätietoa löytyy ISO11591:stä. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 54.)

Ohjailijan ja navigaattorin istuimilta pitää olla mahdollisuus

- nähdä aluksen keula
- nähdä merenpinta vähintään aluksen mitan päästä aluksen laidoista
- seurata linjamerkkejä edessä ja takana
- seurata aluksen keulan ja kyljen etäisyyttä laituriin rantautuessa, mikäli aluksessa ei ole erillistä rantautumiseen suunniteltua työpistettä. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 55.)



Kuva 4. Ihmisen näkökenttä (HSC HFE Design Guide, 56).

## 2.5 Terveys ja turvallisuus

Yleisesti terveys- ja turvallisuusseikkojen hallinnassa tärkeintä on mahdollisten riskien varhainen tunnistaminen. HSC:t tulisi suunnitella vaaranpaikkoja välttämällä, ja kohteissa missä välttäminen ei ole mahdollista pitäisi suunnittelulla minimoida vammojen määrä ja niiden vakavuus.



Venesuunnittelijan tarkistuslista tärkeistä huomioonotettavista asioista:

- Mekaaninen turvallisuus: Onko miehistö suojattu koneistoilta ja liikkuvilta osilta?
- Sähkö- ja elektroniikkaturvallisuus: Onko sähkövahinkojen riski minimoitu?
- Paloturvallisuus: Onko tulipalon mahdollisuus minimoitu?
- Fysikaalinen turvallisuus: Onko miehistöllä ja matkustajilla riski vammautua terävistä särmistä ja nurkista? Onko liukastumis- ja putoamisvaara minimoitu? Onko vaarana kolhia päätään? Onko lastinkäsittelystä aiheutuva riski niin alhainen kuin mahdollista? (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 67.)

Seuraavat riskit ovat hyvin mahdollisia HSC:ssä:

- Aluksen kaatuminen.
- Aluksesta putoaminen.
- Otteen irtoamien tai liukastuminen ja iskeytyminen vasten alusta.
- Aluksesta pois lentäminen vauhdissa äkkinäisten liikkeiden vuoksi.
- Päävammat putoavista esineistä ja nostokoukuista, tai iskeytymisestä aluksen rakenteisiin.
- Käden tai sormien puristuminen köysiin, luukkuihin, niveliin tai pyöriviin osiin. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 68.)

Tämä vaikuttaa käsinojan suunnitteluun siten, että teräviä kulmia on vältettävä, sekä liikkuvien osien väliin puristuminen ja leikkautuminen on estettävä.

## 2.6 Ohjaamon layout-yksityiskohdat

Terävät särmät ja nurkat on suojattava tai pehmustettava. Vaaralliset kohdat on merkittävä selkeästi. Aluksessa on oltava riittävästi tartuntapintoja ja käsijohteita miehistön paikoillaan pysymisen ja aluksessa liikkumisen mahdollistamiseksi turvallisesti huonoissa sääolosuhteissa. Oikein sijoitetut käsijohteet myös helpottavat ohjauslaitteiden käyttöä ja pienentävät mahdollisuutta virhetoimintoihin esim. kehon törmääminen ohjainpaneeliin tasapainon menettämisen yhteydessä. (Kuva 5).



Kuva 5. Tartuntakahvoja veneen kojetaulussa (HSC HFE Design Guide, 66).

Käsinojan suunnittelussa on pyrittävä siihen, että ohjailijakin pystyy operoimaan alusta yhdellä kädellä samalla ottaen tukea toisella kädellään. Käytännössä tämä onnistuu suunnittelemalla mahdollisimman paljon tarttumapintoja ja käsijohteita käsinojaan.

## 3 ALUKSEN KÄYTTÖLIITTYMÄ

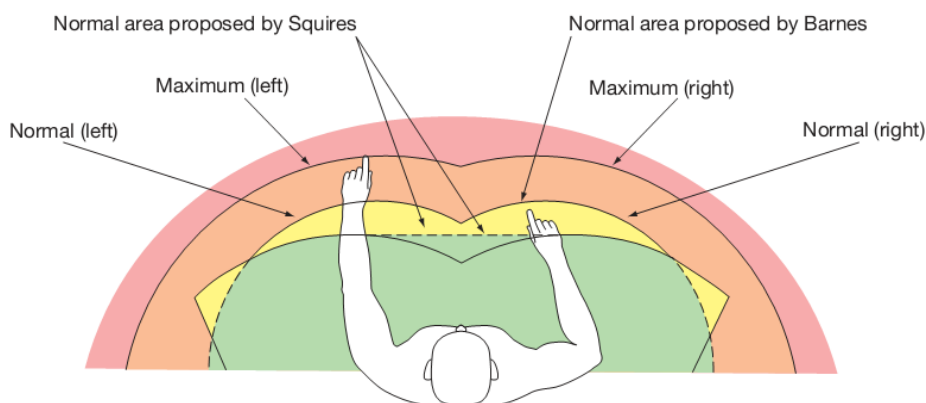
Man-Machine Interface (MMI) on suunniteltava siten, että työtila soveltuu käyttäjälle. Käyttölaitteiden ja näyttöjen oikea sijoittelu ei ole välttämättä aina mahdollista, joten sijoittelua joutuu usein priorisoimaan laitteiden käyttömäärän ja tärkeyden avulla. HSC:n liikkeet häiritsevät MMI:a huonoissa meriolosuhteissa ja siksi se on huomioitava kaikissa suunnitteluprosessin vaiheissa. Suunnittelijan on otettava huomioon tärkeiden miehistönjäsenten työpisteiden erikoisvaatimukset. Esimerkiksi ohjailija tarvitsee hyvän näkyvyyden mittaripaneeleihin ja ulos merelle. Navigaattori tarvitsee tasopinnan mahdollista karttatyöskentelyä varten. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 69-70.)

### 3.1 Laitteistojen sijoittelu

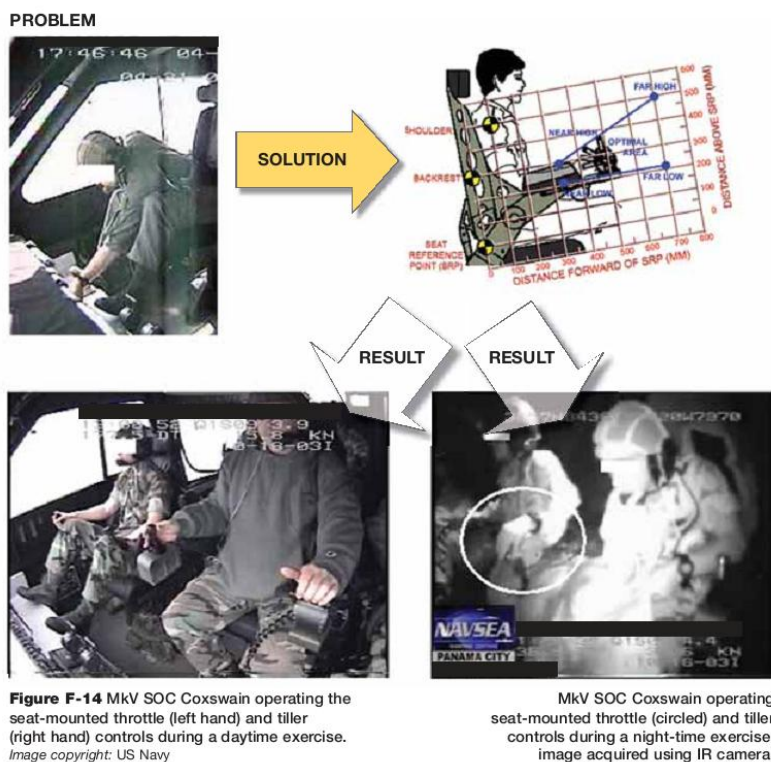
Seuraavat asiat tulee ottaa huomioon:

- Pystyykö miehistö kurottautumatta ylettymään kriittisiin ja usein käytettyihin laitteisiin? (Kuvat 6 ja 7)
- Mitkä toimet ovat keskeisimpiä missäkin työpisteessä?
- Ohjauslaite ja instrumenttilayout on selkeä.
- Kontrollien ja näyttöjen integraatio on hyvä.
- Näyttöpaneelit ovat riittävän suuria, jotta niistä saa tarvittavan informaation voimakkaassakin tärinässä.
- Mittarit ja näytöt on sijoitettu siten, että normaalista poikkeavat mitta-arvot havaitaan heti.
- Hallintalaitteet ovat käytettävissä yhdellä kädellä siten, että käyttäjä voi samalla pitää toisella kädellä tuesta kiinni stabiliteetin säilyttämiseksi.
- Hallintalaitteet ovat käytettävissä liikkumista rajoittavissa henkilökohtaisissa suojarusteissa, (esim. kelluntapuku).
- Hallintalaitteet ovat käytettävissä hansikkaat käsissä.

On suositeltavaa, että layoutit testataan 1:1 hahmomallilla, jonka avulla käyttäjät pääsevät kokeilemaan laitesijoittelun toimivuutta. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 69-83.)



Kuva 6. Tehokkaan ulottuvuuden alueet (HSC HFE Design Guide, 74).



Kuva 7. Kurottautumistarpeen poistaminen tuomalla käyttöliittymät käsinojiin (HSC HFE Design Guide, 83).

Käsinojan muotoilu alkoi ergonomiatutkielmalla, joka rakennettiin käytettäväksi valitun istuimen käsinojen päälle. Tutkielman avulla laitteet saatiin sijoitettua alustavasti oikeille paikoilleen.

### 3.2 Liikkumatila

Liikkumatilan varaaminen on tärkeää

- mahdollistamaan liikkumisen työpisteelle ja sieltä pois
- helpottamaan kontrolleihin ylettymistä
- helpottamaan sijainnin ja asennon säätämistä
- vähentämään vammoja ja epämukavuuden tunnetta. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 69-83.)

Liikkumatilan aikaansaaminen aluksessa mahdollisimman suureksi onnistuu luomalla mahdollisimman pienikokoiset käsinojat. Myös mahdollinen vaatteen/varusteiden takertuminen tuotteeseen on pystyttävä estämään.

### 3.3 Ohjauskonsolit

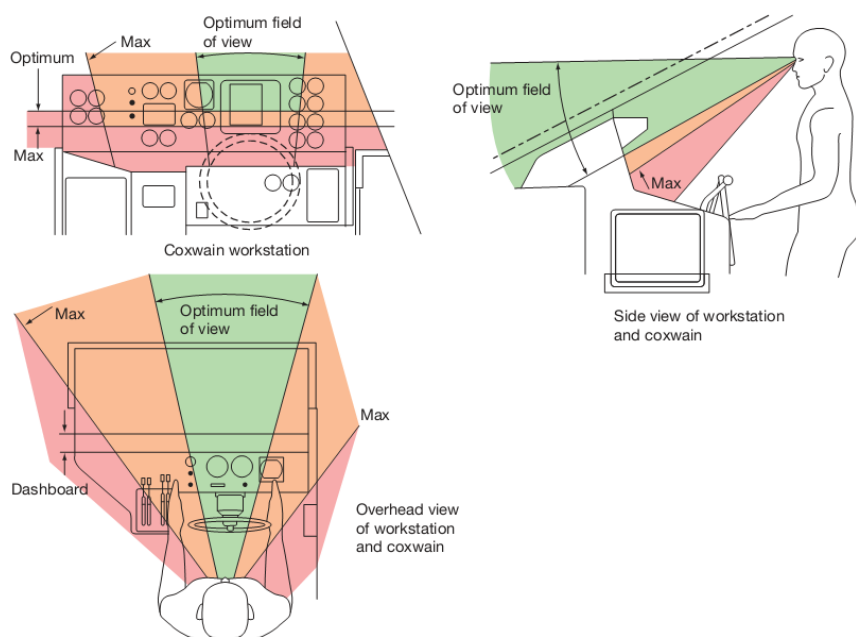
Yhden käyttäjän konsolit tulee mitoittaa siten, että käyttäjä pystyy käyttämään keskeisiä toimintoja liikkumatta paikaltaan. Konsoli on pyrittävä suunnittelemaan siten, että normaaliin työasentoon tarvittava vasemmalta oikealle katselukulma ei saisi ylittää 190 astetta, ja sitä vähennetään aina kun mahdollista asianmukaisella ohjausnäytön asettelulla. Konsolin korkeus ei saa haitata näkyvyyttä ulos aluksesta ja konsolissa on oltava riittävästi jalkatilaa. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 74.)

Tuomalla tärkeimmät hallintalaitteet istuimeen vähenee konsolin pinta-alatarve, eikä konsoli niin helposti enää tuo katveja näkökenttään. Kun aluksen ruori korvataan tillerillä, voidaan konsolia mahdollisesti viedä kauemmas miehistöstä, jolloin jalkatila kasvaa ja istuimeen kulkeminen helpottuu.

### 3.4 Instrumentointi

Instrumentoinnin tulee tukea miehistön toimintaa. Seuraavat seikat pitää muistaa:

- Näyttöjen tulee olla niin selkeitä kuin mahdollista ja kohtisuorassa miehistöön.
- Näyttöjen tulee tarjota yksinkertaisinta mahdollista informaatiota.
- Vain tarpeellisinta ja välittömästi käyttökelpoisinta tietoa näytetään.
- Erittäin tärkeät ja usein tarvittavat tiedot pitää olla pysyvästi näkyvillä.
- Näyttöjen informaatio tulee ryhmitellä esimerkiksi: miehistön tehtävien, järjestelmän toiminnan tai toimintajakson mukaan.
- Informaatioryhmien tulee olla selkeitä ja eritelty esim. viivoilla, laatikoilla tai väreillä.
- Digitaalinäyttöjä ei pitäisi käyttää kohteissa, joissa mittausarvot vaihtelevat voimakkaasti.
- Kriittinen informaatio pitäisi tuoda käyttäjän keskeiseen näkökenttään (Kuva 8). Myös usein tarvittava informaatio pitäisi olla saatavilla päätä kääntämättä tai katsetta siirtämättä. Jos seurattavia jaksottaisia toimia on, pitäisi katseen kulkea vasemmalta oikealle, ylhäältä alas ja myötäpäivään. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 74-80.)



Kuva 8. Ohjailijan näkökentälle optimoitu työpiste (HSC HFE Design Guide, 76).

### 3.5 Ohjainlaitteet

Ohjainlaitteiden (esim. katkaisijoiden, vipujen, tillerien ja hiirien) on oltava helposti tunnistettavissa ja käytettävissä kaikissa olosuhteissa, joissa alusta käytetään.

### 3.6 Ohjainlaitehierarkia

On huomattava, että jokainen työpiste kehitetään jollekin tietylle toiminnalle (ohjailija, navigaattori, päällikkö jne.) ja siksi jokaisen työpisteen layout pitää kehittää erikseen. Aluksen ohjauslaitteiden layout pitäisi suunnitella käyttäen seuraavaa hierarkiaa:

**Primääriset:** Perushallintalaitteet, joita käytetään kulloisellakin työpisteellä. Esim. Ohjauslaitteet perämiehellä ja karttaplotterin käyttökytkimet navigaattorilla. Nämä asemoidaan ensimmäisenä optimaalisiin paikkoihin ilman kompromisseja.

Sekundaariset: Näiden sijoittelu alistuu perushallintalaitteiden alle.

Kolmannen asteen: Näiden sijoittelu alistuu sekundaaristen alle.

Suunnittelijan tulee ottaa huomioon vahingossa tapahtuvien katkaisijakäyttöjen seuraukset. Kriittisten katkaisijoiden virhepainallukset on pystyttävä suunnittelulla minimoimaan. Jos tämä ei ole mahdollista, on suunnittelulla mahdollistettava välitön korjaava toimenpide. Kytkimet voidaan varustaa suojaläpällä tai ne voidaan kattaa esim. kädensijalla (Kuva 9), jolloin virhepainallus on estetty. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 81.)



Kuva 9. Kädensijalla katettu kytkinpaneeli.

### 3.7 Ohjailijan hallintalaitteet

HSC:ia ajetaan normaalisti toinen käsi jatkuvasti tillerillä. Tästä johtuen tillerin sijainti tulee suunnitella siten, ettei käsi tarpeettomasti rasitu. Paras taso tillerille on kyynärpään korkeudella, jolloin saavutetaan riittävä työskentelytarkkuus. Tarkkuutta pystyy vielä parantamaan tukipinnalla ts. käsinojalla, joka estää käden heiluntaa. Jotkut kaasukahvat on muotoiltu ”vasaran kahvaksi”, joka mahdollistaa tarkan hallinnan ja hyvän tuen kädelle. (Tämä ratkaisu on tosin käyttökelpoinen ainoastaan, kun ohjataan yhtä moottoria.) Kaikki näppäimet ja katkaisijat tulisi sijoittaa siten, että käyttäjä pystyy käyttämään niitä irrottamatta katset-



taan horisontista. Kosketusnäyttöjen käytettävyydessä on otettava huomioon, että näytön painikkeita käytettäessä käsi on pystyttävä tukemaan johonkin. (Johan Ullman 2013, 69.)

### 3.8 COTS-rajoitteet

**COTS** (*Commercial off-the-shelf*) tarkoittaa kaupallisesti "suoraan hyllyltä" ostettavaa tuotetta. Tällöin vertailukohtana on käyttötarkoitusta varten erityisesti kehitetty ratkaisu. Termiä käytetään hankinnoissa tietotekniikassa ja puolustusvälineissä. (Wikipedia, 2013)

HSC -käyttäjäkokemusten perusteella on selvinnyt, että COTS -näytöt ja käyttöpaneelit ovat usein käytettävyydeltään huonoja näissä aluksissa. Yleisesti näyttöjen fonttikoko on liian pieni luettavaksi aluksen liikkeessä ja näppäimet ovat liian pieniä tehokasta käyttöä silmälläpitäen. Pieni näppäinkoko vaikeuttaa myös käyttöä hansikkaat kädessä. (HSC HFE Design Guide v1.0 2008, 82-83)

Syynä COTS -laitteiden käyttöön on kustannusten pienentäminen, eikä niiden käyttämistä ole edes järkevää lopettaa, kunhan laitteiden ongelmat ja rajoitukset tiedostetaan ja otetaan huomioon.

Karttaplotterin käyttöpaneeli on hyvä esimerkki tällaisesta laitteesta, jossa on suhteellisen pienet näppäimet, ja jonka käytössä on yleisesti ongelmia. Yksinkertainen parannus ongelmaan on käsijohteen asentaminen kontrollien päälle (Kuva 10). Käsijohde estää käden tahattoman liikkumisen ja mahdollistaa tarkan näppäinkäytön vaikka peukalolla.



Kuva 10. Käsijohde COTS-laitteen käytettävyyden parantajana (HSC HFE Design Guide, 82).

## 4 KYSELYTUTKIMUS

Yksi osa tietojenhankintaa oli tuotteen mahdollisille loppukäyttäjille suunnattu kyselytutkimus. Miehistön kokemusten työskentely-ympäristöistään ja mahdollisten kehitysehdotuksien selvittämiseksi laadittiin kysely, joka toteutettiin www-kyselynä tiukahkon aikataulun, mutta myös kirjekyselyä paremman vastausaktiivisuuden takia. Tutkittaville vaivattomamman vastaamisen lisäksi nettikyselyä käyttämällä vastaukset saatiin käyttöön lyhyemmällä viiveellä. Miehistön kokemusten työskentely-ympäristöistään ja mahdollisten kehitysehdotuksien selvittämiseksi laadittiin kysely.

### 4.1 Kyselytutkimuksen kuvaus

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää loppukäyttäjien tarpeita ja toiveita työympäristönsä ergonomiasta ja helppokäyttöisyydestä. Tutkimuksen läpimenoajaksi jäi ainoastaan neljä viikkoa kysymysten laatimisesta tietojen analysointiin. Tämä asetti rajoituksia mahdollisiin menetelmiin. Mielekkäitä menetelmiä olivat henkilökohtaiset haastattelut, kirjekysely ja www-kysely. Aikataulun takia käytettiin www-kyselyä. Kysely kohdistettiin Suomen Merivoimille, Rajavartiolaitokselle, Meripelastusseuralle sekä Norjan meripelastusseuralle. Budjettia ei ollut määritelty, mutta jo aikataulunkin vuoksi edullinen www-kysely muodostui hyväksi vaihtoehdoksi. Koska kyselyyn vastaajat olivat pääosin viranomaisia, joille kyselyn kautta tarjoutui mahdollisuus parantaa omaa työympäristöään, voi vastausten tarkkuutta tässä tapauksessa pitää vähintäänkin melko hyvänä.

## 4.2 Kyselyssä kysytyt kysymykset

Veneessä miehistön jäsenillä on omat tehtävänsä ja toimipaikkansa. Toimipaikat ovat tässä tapauksessa istuimia, joihin pyritään saamaan tarvittava määrä haluttuja hallintalaitteita. Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, mitkä ovat milläkin toimipaikalla tärkeimmät hallintalaitteet, sekä niiden tärkeysjärjestys, joka vaikuttaa laitteiden sijoitteluun. Kyselyssä esitetyt kysymykset olivat:

- Organisaatiosi
- Tehtäväsi veneessä
- Kuinka hyvänä pidät nykyistä käyttölaite-sijoittelua istuimesi ympäristössä?
- Nimeä suurin/suurimmat ergonomiset ongelmat, jotka liittyvät työskentelyyn istuimellasi.
- Mitä ohjaustoimintoja olisi hyödyllistä integroida käsinojaan?
- Mitä ohjaustoimintoja ei tarvita käsinojassa?
- Nimeä yleisimmät perustoiminnot, joita käytät istuessasi veneen istuimella.
- Mikä on toivottava ohjelmoitavien käyttökatkaisijoiden määrä yhdessä käsinojassa?
- Onko kosketusnäyttö mielestäsi käyttökelpoinen käyttöliittymä käsinojassa?
- Onko suora näköyhteys tärkeää käsinojaan integroitavaan ohjaimeen/katkaisijaan?
- Mitkä ovat tärkeimmät käyttämäsi toiminnot veneen ohjaamossa?
- Sana on vapaa. Tuliko mieleesi jotain asiaan liittyvää, joka jäi kysymättä?

## 4.3 Vastausten analysointi

Kyselyssä kysytyn organisaation perusteella vastaukset jaettiin kahteen ryhmään. Rajavartiolaitoksen aluksissa kuljettajan käyttöliittymä on jo integroitu istuimiin, joka näkyi selvästi tämän kysymyksen vastauksissa. Rajavartiolaitoksen vastauksien keskiarvo oli 3,43, kun kaikkien muiden vastaajien keskiarvo oli 1,75 arvosteluasteikon ollessa 1-5.

Tämän pohjalta pystyi varmistumaan, että tuotekehitysprojektille on todellinen tarve ja että käyttöliittymän integrointi käsinojiin on oikea ratkaisu.

#### 4.3.1 Kyselyssä esiin nousseita ongelmakohtia veneessä.

Ohjaajan istuimessa ongelmia löydettiin penkkien iskunvaimennuksesta, ruorin väärästä sijoittelusta, kiinnipitokahvojen puutteesta ja penkkiin asettautumisesta sekä poistumisesta.

Navigaattorin istuimessa pulpettiin sijoitetut laitteet olivat selkeästi suurin ongelma. Navigaattori joutuu kurottautumaan käyttääkseen navigointivälineitä, eikä välineiden päällä ole käsijohteita, jotka helpottaisivat operointia kovassa kelissä. Myös käsien kiilautumisvaara istuimen ja aluksen seinän väliin näkyi vastauksissa. Aluksen päällikön ja RWS-ampujan/konepäällikön ongelmat olivat yhteneväisiä navigaattorin kanssa.

Yleisellä tasolla nousi esiin terävien kulmien poistaminen aluksen ohjaamosta.

#### 4.3.2 Mitä ohjaustoimintoja olisi hyödyllistä integroida käsinojaan?

Ohjailijan istuimessa veneen liikkeen hallintaan liittyvät ohjainlaitteet (tilleri/knobi, leverit ja trimmikytimet) haluttiin luonnollisesti saada ulottuville. Harvoin tarvittavia toimintoja ei kaivattu tuotteeseen monimutkaistamaan aluksen operointia. Aluksen hallinnan lisäksi ohjailijat halusivat saada käsinojiinsa valojen, lasinpyyhkijöiden ja viestintälaitteiden käyttöliittymät.

Navigaattorin istuimen keskeisiksi ohjaustarpeiksi koettiin tutka ja karttaplotteri säätöineen, sekä viestintälaitteet. Tärkeiksi koettiin myös pyyhkijöiden käyttö, valot, äänimerkki, ja valonheittimet, joiden käyttäminen lankeaa usein navigaattorille ohjailijan keskittyessä veneen hallitsemiseen.

Päällikön istuimen tarpeet muuttuivat kohderyhmän mukaan. Yhteenvetona voidaan todeta, että navigaattorin käyttöliittymä voidaan kopioida lähes suoraan päällikölle. Koulutuskäytössä oleviin aluksiin kuitenkin haluttiin päällikölle hallintalaitteiden over ride -mahdollisuus, jolla hän tarvittaessa kykenee ottamaan aluksen hallinnan itselleen koulutettavalta esim. mahdollisessa ongelmatilanteessa.

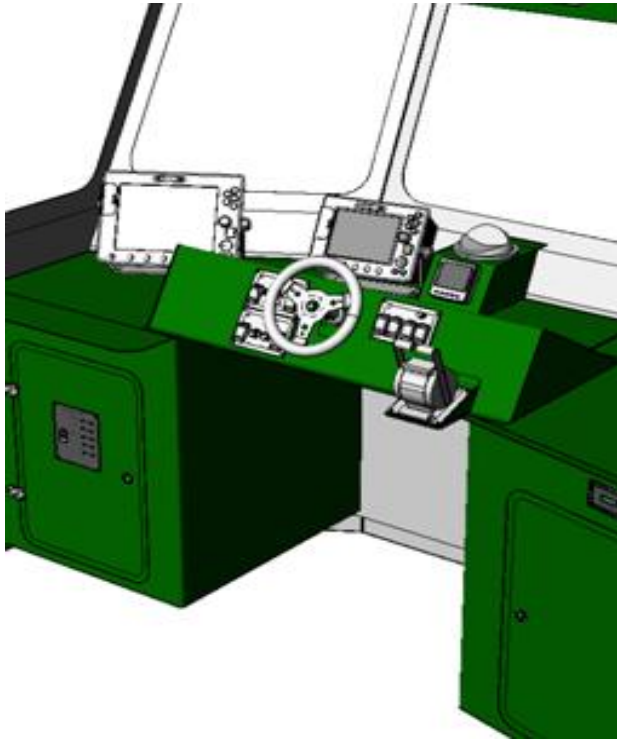
RWS-ampuja tarvitsee aseiden hallintaan liittyvät toiminnot, joita ovat: tulimuodon valinta, lock on target, etäisyysmittari, aseiden kulmanopeuden säätö, varmistin ja laukaisu, päivä- tai lämpökameran valinta- ja säätö, zoom sekä tarkennus.

Konepäällikkö tarkkailee valvontakamerakuva-aluksen osastoista ja mittaristoja. Konepäällikön on kyettävä ohjaamaan kameroita, valonheittäjiä ja edessään olevia näyttöpaneeleja.

#### 4.4 Johtopäätökset

Nykyistä tilannetta arvioivan kysymyksen vastausten erot johtuvat siitä, että merivoimien aluksissa hallintalaitteet ovat pulpetissa ja PV-08 aluksessa, jota rajavartiolaitos käyttää, hallintalaitteet ovat integroituna istuimeen liitettyssä rakenteessa käsinojen alla (Kuva 11). Ero osoittaa ratkaisun olevan toimiva, joskin jatkokehittelyllä merkittävästi parannettavissa.

Kyselyn perusteella kantaviksi pääajatuksiksi konseptoinnille valittiin yksinkertaisuus muodoissa ja käyttöliittymissä, sekä kompakti tilankäyttö kulkemisen ja ohjaamolayoutin parantamiseksi. Kyselyn perusteella valittiin tilavarausten määrittelyyn tarvittavaan ohjainlaitematriisiin oikeat laitteet, sekä oikeat määrät niille.



Kuva 11. Puolustusvoimien ja Rajavartiolaitoksen veneiden ohjauskäyttöliittymien vertailu.

## 5 KATKAISIJA- JA UI-SELVITYS

Veneen järjestelmiä ohjataan integroidulla automaatiojärjestelmällä, IAS:lla (integrated automation system). IAS:ia hallitaan mm. ohjauskytkimillä. Koska on mahdollista, että samaa toimintoa halutaan käyttää useammalta työpisteeltä, on käsinojiin valittava palautuvat kytkimet, jotka antavat käytettäessä ainoastaan yhden ohjaussignaalin. Jos käytettäisiin lukittuvia kytkimiä, saattaisi joltain työpisteeltä katkaistu piiri estää halutun toiminnon käytön toiselta työpisteeltä.

Tässä työssä tärkeimpinä valintakriteereinä kytkimille ovat loppukäyttäjien käyttökokemukset kentältä sekä yrityksen sähkösuunnittelijoiden ja asentajien havainnot tuotteista. Tuotteiden pitää haastavan käyttöympäristönsä takia kestää kovaakin käyttöä ja niiden pitää olla toimintavarmoja, sillä niillä ohjataan primääritoimintoja.

Painikkeet, merkkilamput, keinukytkimet ja vääntimet jaetaan halkaisijaltaan 16 mm:n tai 22 mm:n reikään asennettaviin komponentteihin. Suunnittelussa on syytä käyttää suurempia komponentteja tilavarausten määrittämiseen, sillä suuremmat laitteet voi vaivatta vaihtaa tarvittaessa pienempiin.

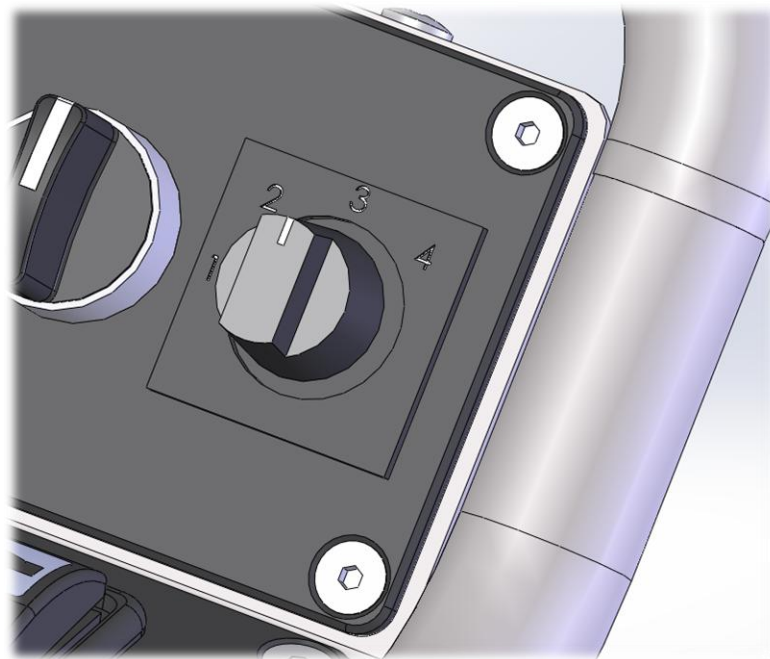
Ohjauskytkimien valintaan vaikuttavat niiden saatavuus, käyttökokemukset, hinta, huollettavuus ja rajapinnat toimilaitteisiin. Tässä työssä ei ole kuitenkaan tarpeen lähteä etsimään uusia ratkaisuja käyttökytkimiin, sillä vuosien käyttökokemukset ja pieni huoltotarve ovat osoittaneet, että aiemmin tehdyt valinnat ovat oikeita.

Asennuksen kannalta on helpointa käyttää IAS:in kanssa yhteensopivia kytkimiä. Katkaisijoiden valinnassa hyödynnettiin asentajien, sähkösuunnittelijoiden ja käyttäjien kokemuksia.



## 5.1 Merkinnät

Veneet ovat ammattikäytössä ja jokaisella miehistön jäsenellä on oma määritely toimipisteensä. Kun katkaisijoiden määrä optimoidaan, niiden avulla tapahtuva tehokas laitehallinta on opittavissa nopeasti. Uuden veneen käyttöönotossa katkaisijoiden ikonimerkinnot saattaisivat helpottaa omaksumista, mutta katkaisijoiden merkitsemistä ei pidetty kovin tärkeänä. Ikoneja tärkeämpää näppäimissä olisikin eroavat kohokuviot, joiden avulla näkökentän ulkopuolelle asennettuja katkaisijoita on helpompi käyttää tarkasti. Merkinnot on lisäksi oltava vaihdettavissa, sillä katkaisijoiden toiminta on IAS:ssa ohjelmoitavissa, jolloin myös merkintä on voitava vaihtaa. Käytännössä kuitenkin ainoa erillinen merkkiaus, joka tähän tuotteeseen tullaan tekemään, on näytönvalintakytkimen merkkiauspaneeli, joka kaiverretaan CNC -koneella potentiometrin säätönupin ympärille liimattavaan muovikylttiin (Kuva 12).



Kuva 12. Näytönvalintakytkimen merkkiauslevy.

## 5.2 Ohjainlaitematriisi

Käsinoihin tullaan asentamaan erilaisia ohjainlaitteita aluksen käyttötarkoituksen ja tilaajan tarpeiden mukaan. Kaikki oletettavasti tuotteeseen asennettavat ohjainlaitteet kerättiin yhteen taulukkoon, jonka avulla pystyttiin tarkastelemaan erilaisten kombinaatioiden tarvitsemia asennustiloja helpommin.

Taulukko 2. Ohjainlaitematriisi.

Ohjainlaite	Valmistaja	Malli	halkaisija	leveys, mm	pituus, mm	Huom
Näytönvalintakytkin	Furuno	Videomatriisi	ø10			
Väännin	Telemecanique	ZB4	ø22			
Lever	Rolls Royce	Roccs		94	149	
	Rolls Royce	ESB		130	120	*
	Bosch Rexroth	Marex SB		120	80	
	Kobelt	Quickshift		130	140	*
	Volvo Penta			120	130	
	Teleflex	i6300		183	170	*
Tiller (peräsin)	Rolls Royce	Roccs		94	149	
	Rolls Royce	Vector stick		90	90	
	Simrad	QS50		82	110	
	Simrad	QS80		82	145	
Trimmikytkimet	Volvo Penta	QL		30	60	
	Rolls Royce	Roccs		25	50	
	Carling switch	Carling switch		25	50	
Hiiri	TrackBall			100	122	
Tutkan käyttöpaneeli	Furuno	MCU001		293	100	
	Furuno	RCU014		400	180	
Radion käyttöpaneeli	Savox			111	60	

\* Tarvitsee asennuskauluksen

Tilavarausten määrittämiseksi taulukkoon selvitettiin tuotteiden asennusmitat, jotta tuotteen soveltuvuus konseptiin on varmistettavissa.

## 6 TUOTTEEN MÄÄRITTELY

Kerätyn tiedon pohjalta määriteltiin vaatimuslista, jossa tiivistyy tutkimuksessa ilmenneet käsinojan suunnittelussa huomioon otettavat seikat. Tuotteen määrittely on käytännössä tiivistelmä tutkimustuloksista.

### Turvallisuus

- Liikkuminen ohjaamossa on helppoa
- Tuote ei aiheuta leikkautumis- tai puristumisvaaraa
- Käsinojassa on riittävästi tartunta- ja tukipintoja
- Tuotteen on oltava riittävän tukeva
- Ohjainlaitteiden virhekäytöt on pyrittävä estämään
- Ei teräviä muotoja, joihin voi kolhia itsensä
- Sähköliitokset on suojattava koteloinnilla

### Geometriset ja mekaaniset vaatimukset

- Määriteltyjen ohjainlaitteiden on mahdollista niille suunniteltuun tilaan
- Istuinkokoonpanon koko ei saa kasvaa liikaa
- Vähintään toinen käsinoja on kyettävä nostamaan pystyyn
- Pituussäätö käsinojiin

### Toiminnalliset vaatimukset

- Kulkeminen istuimeen ja siitä pois on oltava mahdollista
- Laitesijoittelun on oltava ergonominen. Ohjauslaitteita on kyettävä käyttämään kurottautumatta
- Tuotteessa on oltava käsijohteita helpottamaan ohjainlaitteiden käyttöä vaikeissa sääolosuhteissa.

### Valmistettavuus

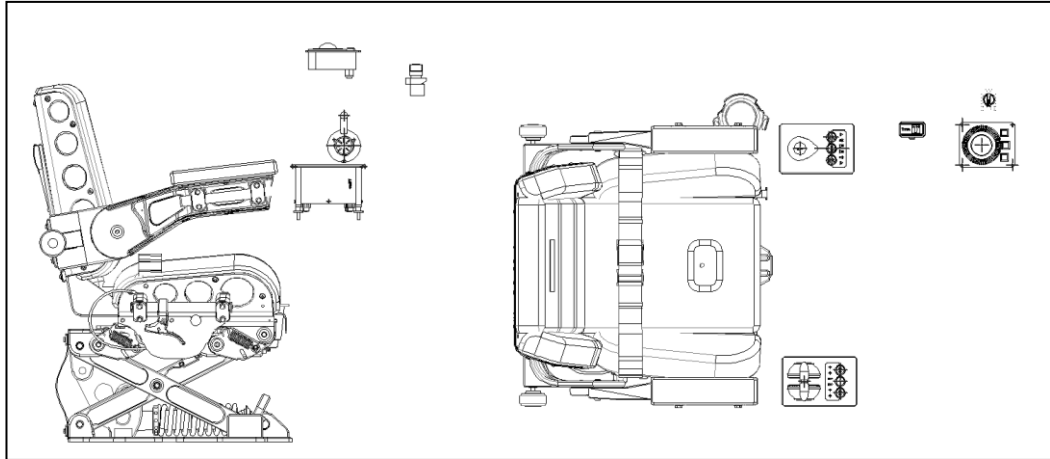
- Osien on oltava mahdollisimman yksinkertaisia
- Kokoonpanon on onnistuttava moduuleina

## 7 SUUNNITTELUPROSESSIN KUVAUS

Suunnittelun lähtökohtien selvittyä suunnitteluprosessi alkoi tuotekonseptien kehittämisellä. Keskeisin asia tämän tyyppisessä kehitystyössä on oikeiden ergonomisten ratkaisujen löytäminen ja tarvittavien tilavarausten määrittäminen.

### 7.1 Istuin

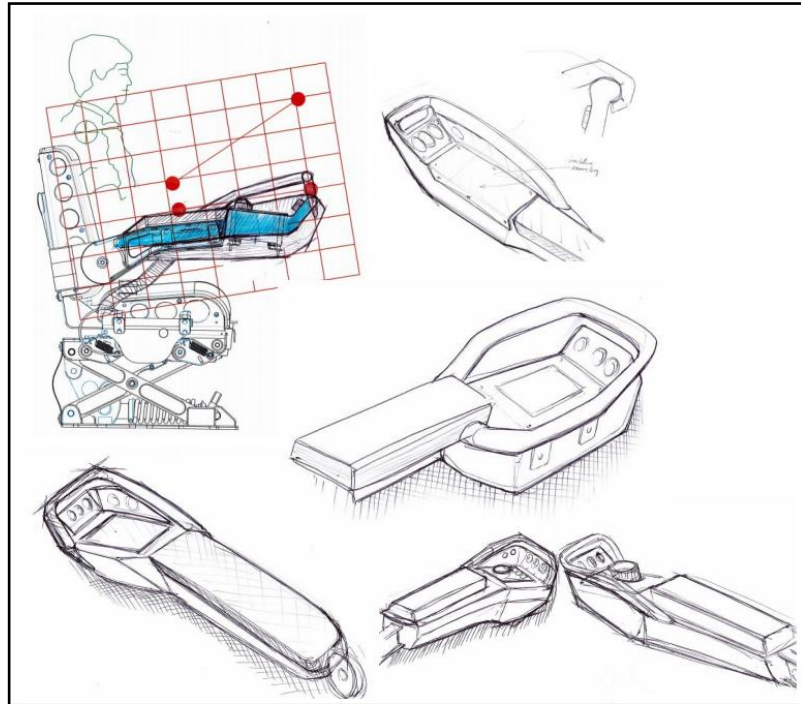
Tuotteen suunnittelun rajapintana käytettiin Shoxs 2000-istuinta, joka tulee olemaan ensimmäinen istuin, johon valmis tuote tullaan asentamaan. Muita todennäköisesti käytettäviä istuimia tulevat olemaan Grammerin, Ullman Seatin ja Recaron valmisteet, joihin käsinojat saadaan kiinnitettyä tarpeen mukaan suunniteltavilla adapteripaloilla. Kaikissa edellä mainituissa istuimissa on selkänojan alaosassa lujat kiinnityspisteet käsinojille. Näitä kiinnityspisteitä voi käyttää myös adapterin kiinnitykseen. Keskeisimpien istuimeen integroitavien ohjainlaitteiden selvittyä luotiin 2D-kuva luonnostelun pohjaksi, johon sijoitettiin istuin ja ohjainlaitteet (Kuva 13). Konkretisoimalla näin menetellen tilavaraukset ja osien keskinäisen mittakaavan konseptit saatiin pidettyä mahdollisimman pienikokoisina heti alusta alkaen. Koska kuljettajan istuimen ohjainlaitteet ovat suurimpia, joita tähän tuotteeseen tullaan asentamaan, pidettiin konseptoinnin pääpaino kuljettajan istuimessa.



Kuva 13. 2D-kuva luonnostelun pohjaksi.

## 7.2 Luonnostelu

Tuotteen mittasuhteiden hahmotuttua ryhdyin luonnostelemaan ajatuksia paperille (Kuva 14). Itselleni tämä on tehokas tapa laittaa ideoita muistiin. Luonnoksia syntyi suhteellisen pitkällä aikavälillä ja luonnosteluvaiheen aikana ajatukset myös jalostuivat. Luonnosteluvaiheen lopulla keräsin ja levitin kaikki tekemäni luonnokset näkyväni ja tein niiden pohjalta vielä muutaman luonnoksen, joiden pohjalta jatkoin suunnittelutyötä muilla menetelmillä.

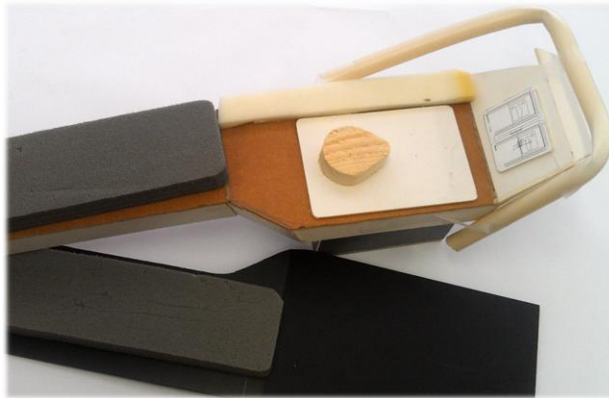


Kuva 14. Luonnoksia.

### 7.3 Hahmomallit

Luonnostelun lomassa loin karkeita hahmomalleja, joita istuimeen sovittamalla sain haettua tuotteeseen suuntaa-antavat mittasuhteet, sekä tarkasteltua käsien asentoa (Kuva 15). Testasin hahmomalleja erikokoisilla ihmisillä varmistuakseni, että ratkaisuni on toimiva. Hahmomalleilla sain myös testattua erilaisia laiteasetteluvaihtoehtoja ja varmistettua, että ohjainlaitteet mahtuvat niille varatuille tasopinnoille kapalevystä valmistamillani laitepaneelimalleilla.

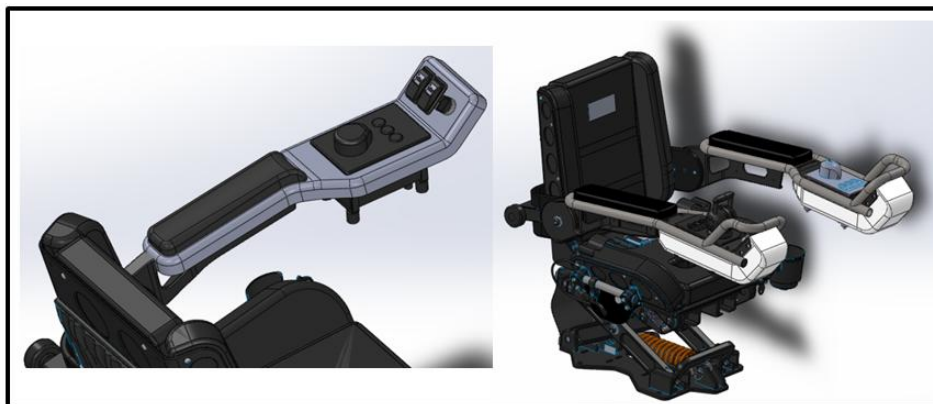
Alkuvaiheessa käsinojan mahdollisiksi valmistusmenetelmiksi rajautuivat: luji-temuovista laminoiminen, alumiinista hitsattu rakenne ja taivuttamalla valmistettu teräsrakenne.



Kuva 15. Hahmomalli.

#### 7.4 3D suunnittelu

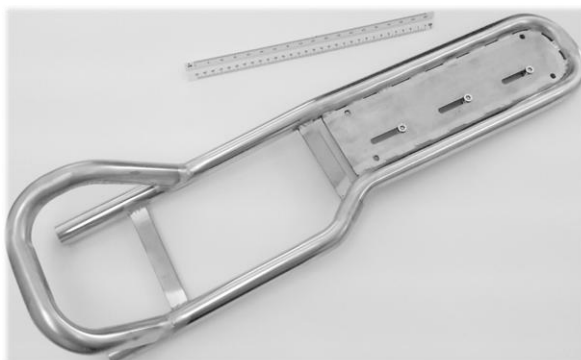
Hahmomallien pohjalta ryhdyin jalostamaan kahta eri valmistusmenetelmällä tuotettavaa konseptia. Poistin alumiinista hitsatun rakenteen mahdollisista käsinojan valmistusmenetelmistä jättäen materiaalivaihtoehdoiksi lujite muovin ja teräksen niiden tarjoamien parempien muotoilumahdollisuuksien takia. Pyöreiden muotojen toteuttaminen alumiinilevystä ei käytössä olevilla valmistusmenetelmillä olisi ollut mahdollista. Lisäksi putkirungon toteuttaminen alumiiniputkella olisi kasvattanut tuotteen kokoa saman lujuuden aikaansaamiseksi. Lopulliseen runkorakenteeseen päätyminen aiheutti lopulta jo tutkimusvaiheessa esiinnoussut tarve tartuntapinnoille, kahvoille ja terävien muotojen välttämiseen.



Kuva 16: Konsepteja.

## 7.5 Prototyypin valmistus

Lopulliseksi runkoratkaisuksi valikoitui ruostumattomasta teräksestä taivuttamalla valmistettu putkikehä, helppojen kiinnitysratkaisuiden, olemassa olevan paikallisen alihankkijan ja suhteellisen edullisen hinnan takia. Parhaaksi todetusta ehdotuksestani valmistettiin prototyyppi alihankkijalla, joka tulee myös valmistamaan lopullisen tuotteen runko-osat. Tämä siitäkin syystä, että näin pääsimme kokeilemaan alihankkijan valmistustarkkuutta ja laatua kyseisen tyyppisissä kappaleissa.



Kuva 17. Ensimmäisen prototyypin oikeanpuoleinen runko.

Prototyypin valmistuttua asentaessani sitä alukseen asennettuun istuimeen havaitsin tartuntakahvan olevan liian kaukana, rungon olevan liian pitkä ja säätömahdollisuuden olevan olematon putkirungon takaosan ja asennuslevyn taakemman kiinnitysraudan takia. Myös mahdollisten lisälaitteasennusten vuoksi tehdyt aisat käsinojan etupäässä osoittautuivat käyttökelvottomiksi osin valmistuksen epätarkkuuden, mutta etenkin tuotteen liiallisen kokonaispituuden vuoksi.

Alihankkijan mukaan myös liian lähellä toisiaan olevat taivutukset olivat heidän välineillään vaikeita toteuttaa, joten ryhdyin edelleen kehittämään runko-osaa havaittujen ongelmien poistamiseksi. Pyrin yksinkertaistamaan osia ja suunnittelemaan niitä siten, että mahdollisimman montaa osaa voidaan käyttää sekä vasemmassa, että oikeassa käsinojassa.

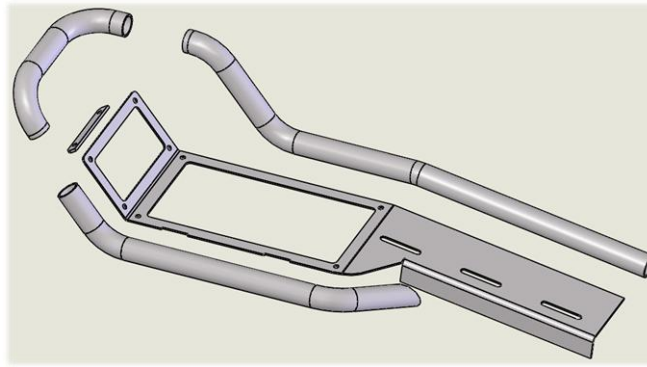


## 8 PERUSTELUT JA KUVAUKSET KÄSINOJAN OSISTA

Pyrin suunnittelemaan tuotteesta mahdollisimman yksinkertaisen ja kompaktin. Suunnittelussa pyrin huomioimaan koko valmistusketjun osavalmistuksesta lopputukokoonpanoon - mutta myös mahdolliset huoltotoimenpiteet ja ohjainlaitepäivitykset, joita pitkäikäisessä tuotteessa jossain vaiheessa elinkaarta varmasti tullaan tekemään. Osat tullaan teettämään alihankkijoilla lukuun ottamatta asennuslevyjä, jotka Marine Alutech Oy valmistaa itse. Arvio yksittäisen käsinajan valmistuskustannuksista on n. 100€, josta puolet muodostaa runko. Rungon hinta-arvio perustuu alihankkijan kanssa käytyihin keskusteluihin, muiden hintojen ollessa yrityksen sisäistä, kokemusperäistä arviointia.

### 8.1 Runko

Rungon suunnittelun keskeiset seikat olivat: helppo valmistettavuus ja sitä myötä pienet valmistuskustannukset, mahdollisimman pieni koko, käyttömukavuus ja turvallisuus. Prototyyppiä tarkastellessani havaitsin suurehkoja epätarkkuuksia tuotteen mitoissa. Täytyy tietysti ottaa huomioon, ettei yksittäisen käsinajan valmistamiseen todennäköisesti oltu rakennettu kokoonpanojigiä, joka parantaisi laatua. Tästä syystä loin putkirungon sisälle yhtenäisen plasmaleikatavan ohutlevyosan, jonka ympärille runko rakentuu. Ohutlevyosa toimii itsessään kokoonpanojiginä paikoittaen putkirungon osat oikeisiin asemiinsa. Viidestä osasta muodostuvan rungon osista kaksi on identtisiä molemmilla puolilla, ja ohutlevyosassakaan ei muutu kuin kanttaussuunta. Runkoputki koostuu kolmesta osasta, jotka hitsataan yhteen. Jos tuotteen elinkaaren aikana löytyy alihankkija, joka pystyy taivuttamaan osan yhtenäisestä putkesta, tullaan kappale valmistamaan jatkossa niin.

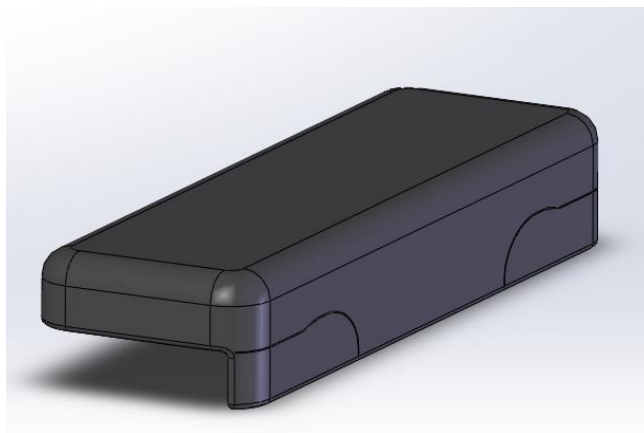


Kuva 18. Oikeanpuoleisen käsinajan runko.

## 8.2 Pehmeuste

Pehmeuste reaktioruiskuvaletaan (RIM, Reaction Injection Molding) polyuretaanista alihankkijalla. Vaikka RIM-valun muottikustannukset ovat pienet, suunnittelin siitä huolimatta kappaleen siten, että sekä vasen, että oikea käsinajapehmeuste kyetään valamaan yhdellä muotilla. Muottiin raaputetaan urat leikkausviivoiksi, joita hyödyntäen aihioista kyetään helposti valmistamaan kumpi tahansa pehmeuste. Tämä ratkaisu vähentää varastonimikkeiden määrää ja puolittaa valumuottitarpeen.

Pehmeuste kiinnitetään runkoon itseliimautuvalla 3M:n Dual Lock -kiinnitysnauhalla, jolloin käsinajan kiinnitysruuveihin pääsee nopeasti käsiksi mahdollista pituussäätöä varten.



Kuva19. Pehmeusteahio.

### 8.3 Asennuslevyt

Yhdessä käsinojassa on kaksi asennuslevyä, pieni ja iso. Asennuslevyt koneistetaan asennusaukkoineen alumiinilevystä. Käyttöliittymää venekohtaisesti räätälöidessä mallinnusohjelman cavity hole -komento tekee levyn leikkaustiedostoon oikeankokoiset aukot kun halutut ohjainlaitteet tuodaan 3D-kokoonpanoon haluttuihin asemiin. Valmiiksi aukotetut asennuslevyt vähentävät käsityön tarvetta ja nopeuttavat kokoonpanotyötä. Asennuslevykokoonpanot ovat moduuleja, joita voi tarvittaessa valmistaa varastoon odottamaan asennusta. Moduulijajattelulla pyritään vähentämään asennustyötä sisällä veneessä ja tuomaan mahdollisimman suuri osa kytkentätyöstä työpisteille, joissa työnteko on tehokkaampaa mm. paremman työskentelyergonomian takia. Levyt voi maalata, pinnoittaa tarralla tai nukata. Asennuslevyt kiinnitetään runkoon M5 x10 DIN 7991 kuusiokoloruuveilla.

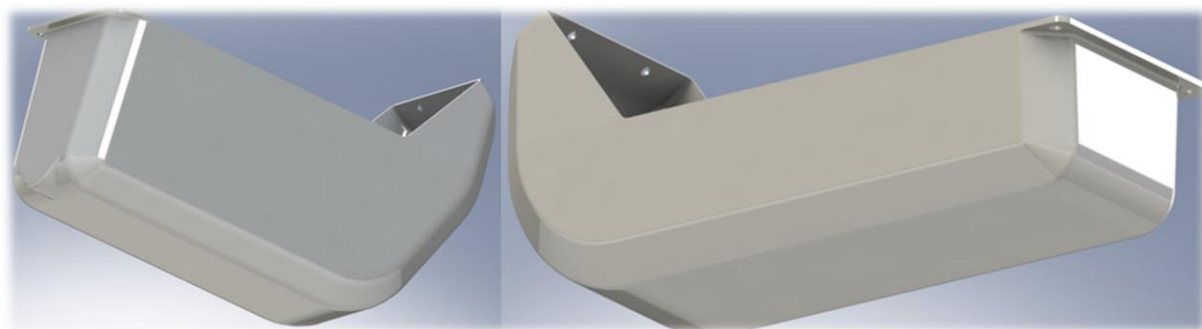


Kuva 20. Asennuslevyt kuljettajan käsinojassa.

### 8.4 Alapuoliset suojakotelot

Lujitemuovista laminoitujen suojakoteloiden tärkein funktio on suojata sähkökytkentöjä tahattomilta osumilta. Lisäksi pyöristetyt kotelot estävät miehistöä kolhimasta itseään ohjainlaitteiden teräviin alapintoihin. Kotelot on mitoitettu siten, että niiden sisään jää riittävä tila ohjainlaitteiden runkojen lisäksi myös johdo-

tuksille ja liittimille. Suojakotelosta valmistetaan kahta eri variaatiota. Isompaa koteloa tarvitaan ohjailijan istuimen käsinojiin, joihin asennettavat laitteet vaativat paljon tilaa myös alaspäin. Isomman kotelon takaosaan piti myös lisätä tasomainen uloke, jotta läpivientiliittimelle saadaan tarpeeksi tilaa. Pienempi kotelo riittää tilavuudeltaan muille laitteille ja niiden johdotuksille. Kotelot kiinnitetään runkoon neljällä ruuvilla, joista kahdella taaimmaisella kiinnittyy myös isompi asennuslevy. Suunnittelussa huomioin myös riittävät päästöt, jotta kappaleet pystyy haluttaessa valmistamaan myös valamalla tai alipainemuovaamalla.



Kuva 21. Alakotelot.

### Lisälaittealusta

Osa istuimeen tuotavista ohjainlaitteista on niin suuria, ettei niille ollut mahdollista järjestää tilaa varsinaisiin käsinojiin. Suurin tällainen laite on Furunon RCU-014 tutkankäyttöpaneeli, joka on navigaattorille niin keskeinen työväline, että se oli saatava siirrettyä pulpetista istuimeen. Ratkaisuksi muodostui runkoon sarakoitava asennuslevy, johon voi helposti kiinnittää tarvittavia laitteita. Alusta kehitettiin kiinteäksi osaksi istuinkokoonpanoa, ettei sitä tarvitse nostaa veneen lattialle tai pulpetin päälle istuimesta poistuttaessa. Alusta saranoineen on symmetrinen, joten sen voi asentaa kumpaan tahansa käsinojaan. Tämä on tärkeää, sillä istuin saatetaan asentaa veneen kummalle tahansa laidalle. Tuoloin istuimeen asettautumisen mahdollistamiseksi toinen käsinojista on kyettävä nostamaan pystyyn.

Laitealusta saranoidaan pannalla, jonka kireyttä kyetään säätämään sormiruuilla. Saranan täytyy olla nahkea, jotta laitealustan saa jätettyä pystyasentoon istuimesta poistuttaessa.



Kuva 22. Lisälaitealusta pystyasennossa.

Lisälaitealustaan tullaan tapauskohtaisesti räätälöimään käsijohde, joka estää tahattomat painallukset ja tarjoaa tukipinnan laitetta huonoissa olosuhteissa käytettäessä.

## 9 VALMIS KONSEPTI

Ennen tuotteen valmistuspäätöstä esittelin konseptin yrityksen johdolle renderoidyillä havainnekuvilla. Esittelin kuvissa ohjailijan ja navigaattorin istuinkoonpanot väriehdotuksineen. Suunnittelin käsinojen väriteeman siten, että tuote sulautuu mahdollisimman saumattomasti istuimeen.

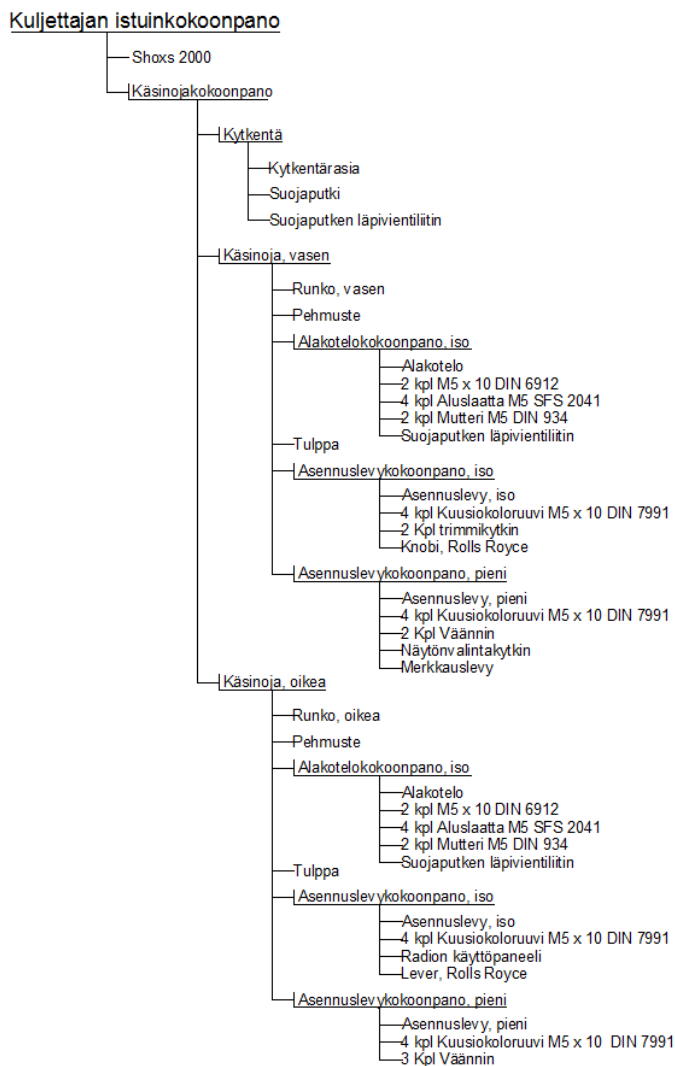


Kuva 23. Valmis konsepti.

## 10 TUOTERAKENTEN HUOMIOIMINEN

Tuoterakenteen hallinta edellytti tuotteen jakamista osakokoonpanoihin. Tuoterakenteen huomioonottaminen helpottaa tuotannon ja varastonimikkeiden hallintaa. Tässä tapauksessa valmis tuote on istuinkokoonpano, joka asennetaan veneeseen yhtenä kokonaisuutena. Tuote muodostuu pääkomponentista (istuini) ja kahdesta alikokoonpanosta, jotka ovat kaapelointi- ja käsinojakokoonpano. Käsinojat jakautuvat vielä omiksi alikokoonpanoiksi, joissa variantit sijaitsevat. Asennuslevyt ovat pääkokoonpanon ainoat varioituvat komponentit, ja siksi tuotetiedon ja varaston hallinta pysyy mahdollisimman yksinkertaisena.

Taulukko 3. Kuljettajan istuimen tuoterakenne.



Käytännössä käsinojan tuotevariantit tullaan konfiguroimaan tapauskohtaisesti 3D-suunnitteluohjelmalla. Näin syntyneestä variaatiosta luodaan uusi nimike, joka on myöhempääkin käyttöä varten PDM-järjestelmässä. Esimerkkinä tuoterakenteen hierarkiasta on kuljettajan istuimen tuoterakenne.



## 11 ARVIOINTI JA POHDINTA

Lopputyön tavoitteena oli aikaansaada useiden eri valmistajien istuimiin soveltuva modulaarinen käsinoja, johon voidaan integroida erilaisia ohjainlaitteita/käyttöliittymiä kulloisenkin tarpeen mukaan. Suunnittelussa oli erityisesti otettava huomioon ergonomia sekä ohjainten/käyttölaitteiden käytettävyys haastavissakin olosuhteissa. Näiden seikkojen lisäksi tuotteesta suunniteltiin mahdollisimman yksinkertainen, jolloin valmistus ja materiaalikustannukset pysyivät kohtuullisina. Ajatus putkirungosta muodosti melko varhaisessa vaiheessa kantavan teeman projektille. Putki muodosti käsijohteen, törmäyssuojan ja tartuntakahvan runkona toimineen ohutlevyosan ympärille, joka rungon lisäksi toimi kiinnitysalustana muille osille sekä hitsausjiginä poistaen mahdollisuuden mahdollisille valmistuksessa syntyville muotovirheille.

Projekti onnistui mielestäni hyvin. Suunniteltu aikataulu piti ja tuote vaikuttaa toimivalta ja ulkonäöltäänkin käyttöympäristöönsä sopivalta. Tiedonhankinnassa esiinnousseet ongelmat ratkaistiin ja lopputulosta arvioidessa voidaan huomata tuotteen määrittelyssä luodun vaatimuslistan täyttyvän.

Lopullisen arvion tuotteesta tulevat kuitenkin antamaan ammattimerenkulkijat, joiden toiveet ja mielipiteet pyrin ottamaan parhaani mukaan huomioon. Tuotteen ei kuitenkaan ole tarkoituskaan olla lopullinen ratkaisu kaikkiin ohjaamon UI-ongelmiin, vaan mieluummin helppo lähtökohta veneen ohjaamon asiakas-kohtaiseen räätälöintiin.

## LÄHTEET

High speed craft human factors engineering design guide v1.0. Viitattu 22.4.2013.  
<http://www.highspeedcraft.org/>

Johan Ullman 2013. Designing Consoles for Speed. Professional Boatbuilder 141.

COTS 2013. Wikipedia. Viitattu 22.4.2013 <http://fi.wikipedia.org/wiki/COTS>.

## **Valmistuspiirustukset**

Tuotteen osista laadittiin valmistuspiirustukset. Suurin osa kappaleista valmistetaan 3D-mallin pohjalta, jolloin tarkkoja mitoituksia ei tarvita. Poikkeuksen muodostaa rungon osavalmistus ja kokoonpanokuva.